

S P R E N G E R I N S T I T U U T
Haagsteeg 6, 6708 PM Wageningen
Tel.: 08370-19013

*(Publikatie uitsluitend met
toestemming van de directeur)*

RAPPORT NO. 2073

Ing. P.M.M. Damen, Sprenger Instituut
Ing. H.G.A. van Esch, Proefst. Naaldwijk

AFKOELSYSTEMEN IN KOELCELLEN MET TOMATEN
OP VEILING DELFT-WESTERLEE

Uitgebracht aan de directeur van het Sprenger Instituut
Project no. 101

Afkoelsystemen in koelcellen op veiling Delft-Westerlee

Op veiling Westerlee is een viertal koelcellen gebouwd waarvan het gehele voorfront omhoog kan worden getakeld om een doelmatige inslag en uithaal te verkrijgen. In één van de cellen is een luchtsysteem gebouwd dat een snellere afkoeling zou moeten bewerkstelligen dan het gebruikelijke afkoelsysteem met vrij uitblazende koelers boven het produkt en aanzuiging door het produkt door middel van een zuigwand. Bij het nieuwe systeem is vooral gedacht aan koeling van tomaten in dozen, welke ontwikkeling we in de toekomst waarschijnlijk te verwachten hebben.

Om het afkoeleffect van dit nieuwe systeem vast te stellen zijn in twee cellen waarnemingen gedaan: cel I een gewone conventionele cel en cel II een cel met het speciale luchtsysteem.

In het vervolg spreken we dus voor de eenvoud over cel I en cel II

Luchtsysteem

De luchtstroom in cel II wordt als volgt verkregen:

In de cel kunnen 5 rijen pallets naast elkaar met een spatie van 10-15 cm en 9 pallets tegen elkaar worden gezet. In totaal kunnen dus per cel $9 \times 5 \times 2$ (hoog) = 90 pallets geplaatst worden (zie afb.1). 3 spaties worden aan de bovenkant afgesloten met een opblaasbare band. De luchtkanalen van de afgesloten spaties worden aan de voorkant afgesloten en sluiten op de achterkant aan op zuigkanalen die weer aansluiten op het zuigkanaal onder de verdamper.

Het zuigkanaal onder de verdamper is op één spleet na afgedicht. Wanneer de ventilatoren draaien zal er een overdruk boven het produkt ontstaan waardoor lucht door de open spaties zal dringen. Ten gevolge van de zuigende werking van de verdamper zal er een lichte onderdruk ontstaan in de afgesloten spaties. Door de verkregen drukverschillen zal er een luchtstroom in het produkt ontstaan waardoor warmte kan worden afgevoerd (afb.2). Plaatsen met overdruk worden aangegeven door plusjes (+), met onderdruk door minnetjes (-).

Temperatuurmetingen

Per cel is diagonaal de afkoeling nagegaan van een tiental pallets (afb.1). Behalve produkttemperatuur zijn ook met thermokoppels de temperaturen van aanzuiglucht en uitblaaslucht gemeten. De temperaturen zijn geregistreerd op een Honeywell thermograaf en tegelijkertijd op een ponsband, voor verwerking op de computer. Steeds is de koppel met een oneven nummer in de onderste en met een even nummer in de bovenste pallet geplaatst. De temperaturen zijn om de 15 minuten geregistreerd.

Resultaten

In tabel 1 zijn de geregistreeerde temperaturen vermeld van beide cellen om het uur waarbij de eerste meting direct voor de start van de koeling is en de tweede meting na één uur etc.

In cel I is koppel 11 de aanzuig- en koppel 12 de uitblaastemperatuur van de koelers. Hetzelfde geldt voor koppel 23 en 24 van cel II.

De starttemperatuur ligt voor beide cellen tussen 18,5 en 23,5°C. Na ca. 6 uur (zie observatie 7) stopt de koeling en ligt de produkttemperatuur in cel I tussen de 7,7 en 14,9°C. In cel II liggen op dat moment de produkttemperaturen tussen de 6,4 en 17°C.

Na de periode van koelen is de periode van egalisering. Gedurende 3 uren hebben alleen de ventilatoren gedraaid waarna nog eens gedurende 3 uren de ventilatoren draaiden en de celdeuren geheel geopend waren.

Aan het einde van de metingen liggen de temperaturen van cel I tussen de 11,5 en 14,7°C, in cel II tussen 9,2 en 15,7°C.

Op de afbeeldingen 3 en 4 staan de afkoelcurven van respectievelijk de traagste, snelste afkoeling per cel en de luchttemperatuur bestaande uit het gemiddelde van aanzuig en uitblaastemperatuur van de koelers.

Van iedere afkoelkromme is een halfkoeltijd bepaald. Dit is de tijd nodig om de helft van een temperatuurverschil te overbruggen (tabel 2).

Met deze halfkoeltijden kunnen de afkoelsnelheden onderling worden vergeleken.

Bespreking van de resultaten

- Afkoeling. In cel I is een tweetal zeer traag koelende pallets te weten no. 3 en no. 10. De pallets no. 1, 2, 5, 6 en 7 koelen normaal terwijl de pallets 4, 8 en 9 zeer snel koelen.

In cel II koelen pallet 15 en 21 zeer traag, pallet 13, 14, 17, 19 en 22 koelen normaal terwijl pallet 16 en 18 zeer snel koelen.

Zoals de afbeeldingen 3 en 4 weergeven zijn er na de inkoelperiode grote verschillen in produkttemperatuur waar te nemen en wel maximaal 7,5 K in cel I en 10,6 K in cel II.

Opmerkelijk is het dat bij dermate grote verschillen tussen lucht- en produkttemperatuur de afkoeling van een aantal pallets maar zeer matig is.

Opmerkelijk is ook, dat pallet 3 en pallet 15 op overeenkomstige plaatsen in de cellen staan en beide slecht koelen. Echter pallet 8 en 9 in cel I koelen beide snel, terwijl pallet 20 en 21 traag koelen. Het omgekeerde geldt voor pallet 10 en 22.

Mogelijke oorzaken van ongelijke koeling

Verschillen in afkoelsnelheid zijn waarschijnlijk veroorzaakt door:

- te dichte stapeling van de pallets waardoor de lucht niet voldoende langs alle pallets kan stromen.
- geen gerichte luchtstroom waardoor de mogelijkheid bestaat dat sommige pallets slecht doorstroomd worden en dus langzaam afkoelen, terwijl andere pallets goed doorstroomd worden en snel afkoelen.
- te veel lekverliezen bij de tomatenbakjes door de grote openingen waardoor het systeem dat in feite voor dozen is ontwikkeld niet goed functioneert.
- het botsen van de luchtstroom uit de koelers tegen de wand tegenover de koelers. Er ontstaan dan luchtwervelingen, waardoor langs

de ene pallet meer lucht stroomt dan langs de andere.

Conclusies

De capaciteit van de koelers in beide cellen is voldoende.

In cel I ligt de produkttemperatuur bij inzet tussen 18,8 en 23,6°C. Bij uitslag na koeling en ventilatie liggen de temperaturen tussen de 11,5 en 14,7°C.

In cel I bij inzet tussen de 18,3 en 23,5°C en bij uitslag tussen 9,2 en 15,7°C.

Noch in cel I als in cel II is enige uniformiteit in afkoelsnelheid. Mogelijke oorzaken hiervan zijn de dichte stapeling van de pallets, niet gerichte luchtstromen en in cel II, waar de verschillen wat groter zijn dan in cel I, de lekverliezen in de pallets waardoor het systeem niet functioneert.

Bij het inbrengen van de pallets geeft het juist plaatsen van de pallets nogal wat problemen. Een nette plaatsing en gelijke spaties tussen de pallets is een vereiste. Opgemerkt moet worden dat er in de cellen geen vloermarkering aanwezig is.

Als algemene conclusie na deze proefmeting kan gesteld worden dat toepassing van een luchtgeleidingssysteem als boven omschreven voor koeling van tomaten in kistjes geen voordelen biedt in afkoelsnelheid en uniformiteit. Toepassing in deze vorm kan dus achterwege blijven.

Samenvatting

Op de veiling Delft-Westerlee is de afkoeling van tomaten in een cel met een bepaald luchtgeleidingssysteem vergeleken met de afkoeling van tomaten in een identieke conventionele cel.

Het speciale van het luchtgeleidingssysteem is dat om en om spaties tussen de pallets zowel van voren als van boven worden afgesloten. De afgesloten spaties monden aan de achterkant uit op een zuigkanaal dat in verbinding staat met het zuigkanaal onder de koelers.

Als de ventilatoren draaien zal in deze kanalen een onderdruk ontstaan, terwijl in de open kanalen een overdruk zal optreden. Door dit drukverschil zou een gelijkmatige en snelle afkoeling moeten plaatsvinden. Het systeem is in principe ontwikkeld voor koeling van produkt in dozen.

Uit de meting is gebleken dat het koelen van tomaten in bakjes m.b.v. een dergelijk systeem geen voordelen biedt boven koeling op de traditionele wijze met vrij uitblazende koelers en aanzuiging via een zuigkanaal.

Een kleinere uniformiteit in afkoelsnelheid en een grotere spreiding in temperatuur na het gehele proces maken naast de meerarbeid bij inslag dat toepassing van dit systeem moet worden ontraden.

Wageningen, 3 augustus 1979

PD/HvE/LvZ

Tabel 1

ANALISIS DATA WAKTU TERJADI KESEKELIF
TABEL II

| | KOPPEL 1 | KOPPEL 2 | KOPPEL 3 | KOPPEL 4 | KOPPEL 5 | KOPPEL 6 | KOPPEL 7 | KOPPEL 8 | KOPPEL 9 | KOPPEL 10 | KOPPEL 11 | KOPPEL 12 |
|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| OPS 1 | 19.9 | 21.7 | 18.8 | 22.6 | 23.4 | 20.7 | 20.6 | 23.6 | 21.0 | 19.9 | 23.4 | 24.1 |
| OPS 2 | 19.5 | 21.5 | 19.9 | 18.4 | 22.6 | 20.0 | 19.3 | 21.1 | 19.5 | 19.6 | 12.5 | 8.5 |
| OPS 3 | 19.3 | 19.7 | 18.2 | 14.8 | 20.9 | 17.6 | 17.2 | 17.8 | 16.5 | 18.2 | 9.2 | 4.9 |
| OPS 4 | 18.9 | 17.9 | 17.6 | 12.3 | 19.3 | 15.5 | 15.5 | 15.0 | 14.0 | 17.1 | 7.1 | 3.2 |
| OPS 5 | 15.0 | 16.0 | 17.0 | 10.0 | 12.6 | 13.2 | 13.2 | 12.7 | 11.5 | 15.3 | 5.5 | 2.0 |
| OPS 6 | 13.5 | 14.5 | 16.2 | 8.6 | 16.1 | 12.2 | 12.5 | 11.3 | 10.3 | 14.8 | 4.4 | 1.3 |
| OPS 7 | 11.0 | 12.9 | 15.1 | 7.7 | 14.9 | 11.0 | 11.4 | 10.3 | 9.3 | 14.0 | 4.0 | 0.4 |
| OPS 8 | 11.0 | 12.4 | 14.9 | 7.8 | 14.4 | 10.8 | 11.0 | 10.3 | 9.4 | 13.8 | 5.2 | 8.3 |
| OPS 9 | 11.0 | 12.4 | 14.7 | 8.1 | 14.3 | 10.9 | 11.0 | 10.6 | 9.3 | 13.8 | 9.2 | 5.4 |
| OPS 10 | 11.0 | 13.0 | 15.4 | 11.0 | 15.0 | 12.4 | 12.4 | 11.7 | 11.0 | 14.2 | 14.8 | 15.0 |
| OPS 11 | 10.6 | 13.3 | 15.3 | 12.7 | 15.4 | 13.4 | 13.2 | 12.6 | 11.6 | 14.9 | 14.6 | 15.1 |
| OPS 12 | 10.1 | 13.1 | 14.2 | 13.0 | 15.1 | 13.4 | 13.1 | 12.6 | 11.5 | 14.3 | 14.2 | 14.6 |
| OPS 13 | 10.0 | 13.2 | 14.3 | 13.3 | 14.7 | 13.4 | 12.9 | 12.5 | 11.5 | 14.1 | 14.3 | 14.9 |

ANALISIS SISTEM WAKTU TERJADI KESEKELIF
TABEL III

| | KOPPEL 13 | KOPPEL 14 | KOPPEL 15 | KOPPEL 16 | KOPPEL 17 | KOPPEL 18 | KOPPEL 19 | KOPPEL 20 | KOPPEL 21 | KOPPEL 22 | KOPPEL 23 | KOPPEL 24 |
|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| OPS 1 | 12.3 | 18.3 | 19.2 | 21.3 | 18.7 | 19.1 | 21.5 | 23.1 | 23.5 | 20.2 | 24.1 | 24.4 |
| OPS 2 | 12.7 | 18.4 | 19.1 | 19.4 | 19.2 | 17.3 | 21.8 | 22.8 | 23.9 | 20.2 | 15.6 | 8.9 |
| OPS 3 | 17.7 | 17.1 | 18.1 | 17.0 | 18.2 | 14.4 | 20.6 | 21.4 | 21.9 | 18.6 | 13.1 | 7.5 |
| OPS 4 | 16.7 | 15.5 | 17.5 | 14.8 | 17.2 | 12.1 | 19.2 | 20.1 | 19.6 | 16.9 | 11.0 | 5.5 |
| OPS 5 | 14.5 | 13.5 | 16.1 | 12.4 | 15.9 | 9.8 | 17.1 | 18.5 | 18.2 | 14.6 | 8.7 | 3.6 |
| OPS 6 | 17.8 | 12.5 | 15.4 | 11.3 | 15.0 | 8.5 | 16.1 | 17.4 | 17.4 | 13.6 | 7.6 | 2.7 |
| OPS 7 | 10.1 | 10.3 | 13.7 | 9.0 | 13.1 | 6.4 | 13.6 | 14.7 | 17.0 | 11.0 | 5.0 | 1.0 |
| OPS 8 | 10.5 | 9.0 | 12.4 | 7.5 | 11.8 | 5.3 | 12.3 | 14.6 | 15.2 | 9.8 | 4.5 | 0.8 |
| OPS 9 | 9.7 | 8.3 | 11.9 | 6.7 | 11.2 | 5.2 | 11.7 | 14.2 | 15.9 | 9.2 | 3.6 | 8.3 |
| OPS 10 | 9.5 | 9.1 | 12.6 | 8.3 | 12.0 | 7.2 | 12.3 | 15.0 | 15.7 | 10.5 | 10.2 | 10.0 |
| OPS 11 | 9.1 | 9.5 | 12.6 | 9.0 | 12.3 | 9.7 | 12.2 | 15.1 | 16.8 | 11.2 | 12.0 | 12.9 |
| OPS 12 | 9.0 | 9.1 | 11.9 | 8.9 | 11.5 | 10.1 | 11.5 | 14.1 | 16.0 | 10.7 | 11.9 | 12.5 |
| OPS 13 | 9.0 | 9.2 | 11.9 | 9.7 | 11.5 | 10.6 | 11.0 | 13.8 | 15.7 | 10.9 | 10.0 | 10.1 |

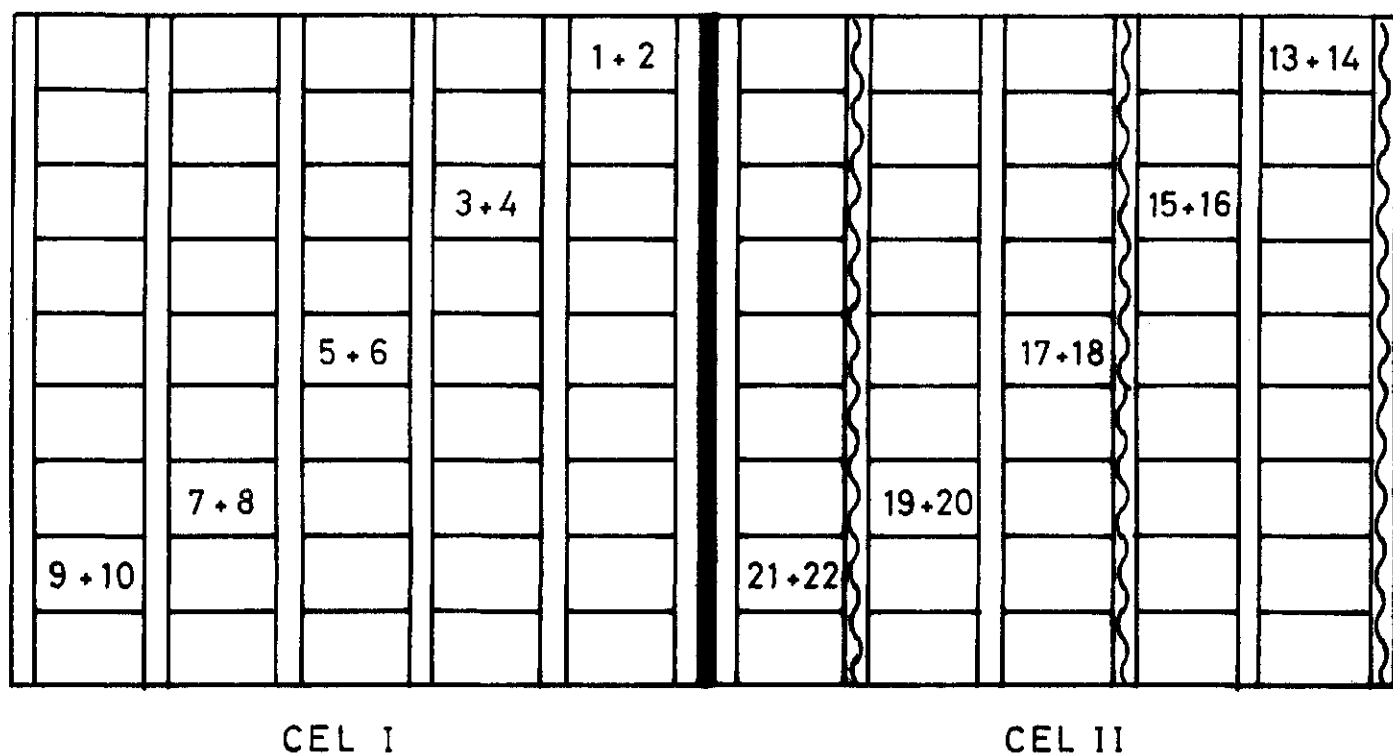
CEL I

| koppelnr. | halfkoeltijd uur |
|-----------|---------------------|
| 1 | 4,3 |
| 2 | 4,4 |
| 3 | 10,9 |
| 4 | 1,4 |
| 5 | 5,4 |
| 6 | 3,0 |
| 7 | 3,4 |
| 8 | 2,4 |
| 9 | 2,4 |
| 10 | 7,2 |

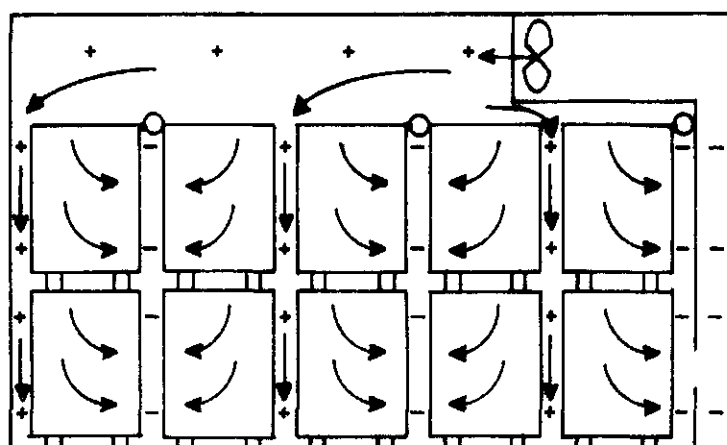
CEL II

| koppelnr. | halfkoeltijd uur |
|-----------|---------------------|
| 13 | 4,9 |
| 14 | 3,6 |
| 15 | 7,3 |
| 16 | 2,4 |
| 17 | 5,9 |
| 18 | 1,3 |
| 19 | 5,4 |
| 20 | 7,4 |
| 21 | 8,9 |
| 22 | 3,7 |

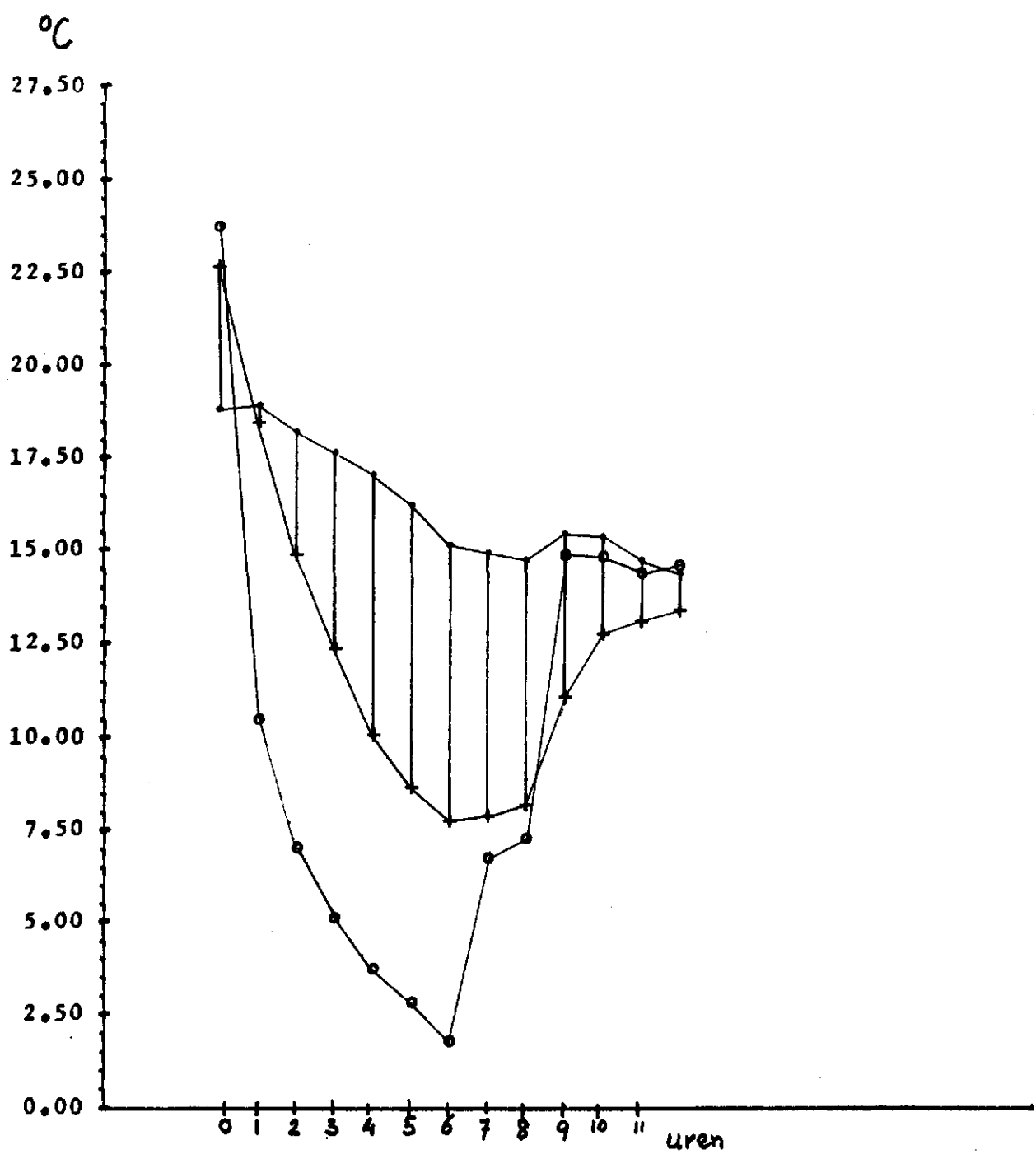
Tabel 2: Halfkoeltijden



Afb : 1 plattegrond van CEL I en CEL II met daarin de plaatsen van meting.



Afb : 2 dwarsdoorsnede van CEL II met daarin de luchtstromingen.



CEL I

AFKOEI.SYSTEEMEN VEILING WESTERLEER

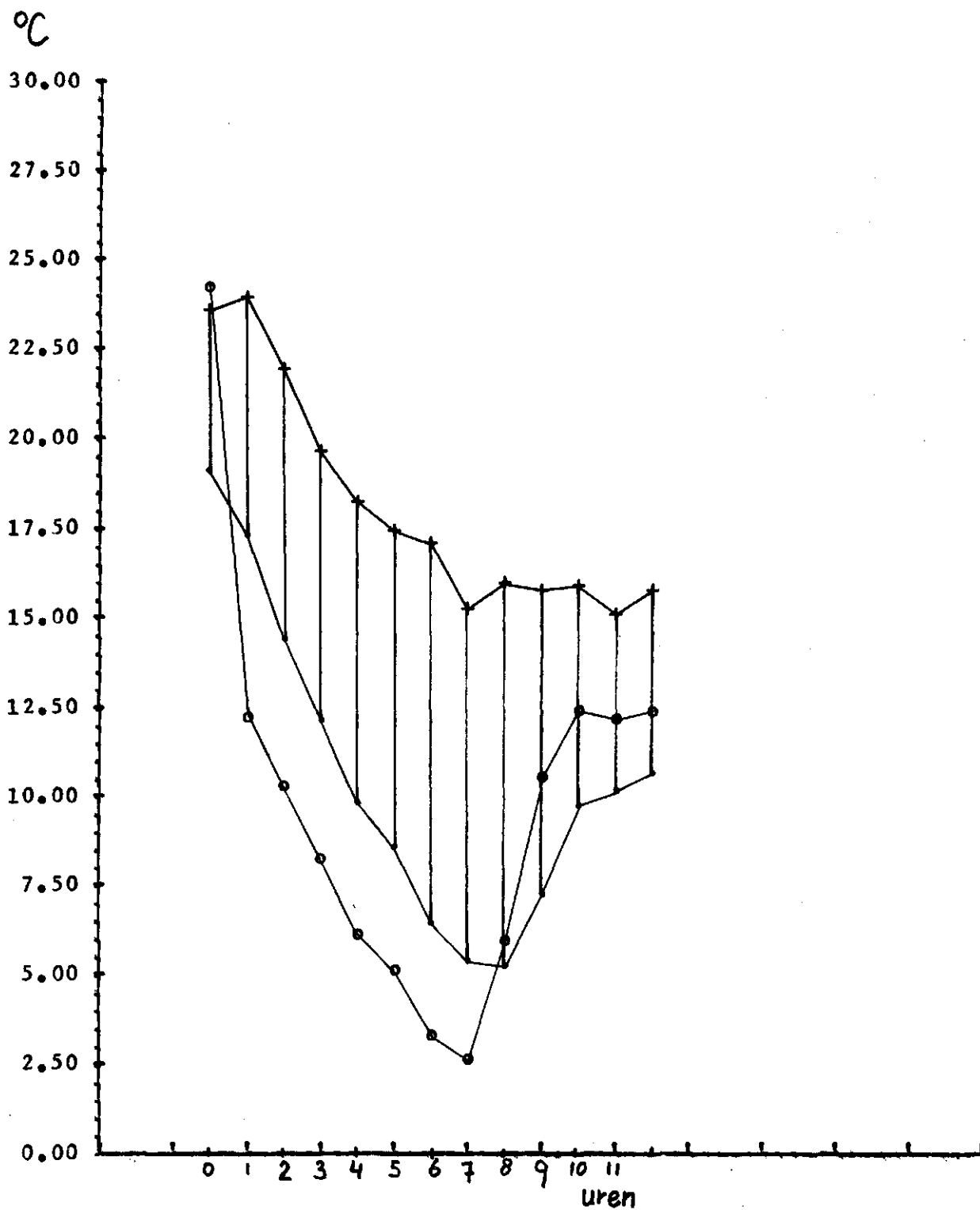
SYMBOLS

.....:KOPPEL 3

++++++:KOPPEL 4

oooooo:GEM.KOPPEL 11&12

afb. 3



CEL II

AFKOELSYSTEMEN VEILING WESTERLEE

SYMBOLS

.....:KOPPEL 18

++++++:KOPPEL 21

oooooo:GEM.KOPPEL 23&24

afb. 4